

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬ 65X13Папченко А.В., Ваулина О.Ю., Тогина Д.А.

Научный руководитель – Ваулина О.Ю., к.т.н.

Россия, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30, Томский политехнический университет,

volgay@tpu.ru

INVESTIGATION OF ION-PLASMA COATINGS ON STEEL 65X13

Papchenko A.V., Vaulina O.Yu., Togina D.A.

Tomsk Polytechnic University, Institute of High Technologies

volgay@tpu.ru

This paper presents the investigation of the effect of ion-plasma coatings on the properties of steel 65X13. The main functional properties of the coating: microhardness, nanohardness, Young's modulus and corrosion resistance were examined. It is shown that all types of coatings can improve the physical and mechanical characteristics of tool steel 65X13.

Введение

Для повышения механических характеристик в настоящее время все чаще используют покрытия и напыления. Этот механизм повышения стойкости к износу и коррозии предпочтителен, нежели использовать дорогостоящие легированные стали [1].

Легированные стали достаточно дорогие, их стараются использовать для ответственных деталей. Для инструмента все же рекомендуют покрытия и напыления, чтобы снизить стоимость изделия (легирующих дорогих материалов используются гораздо меньше). В работе рассмотрен метод ионноплазменного напыления азотистых покрытий на инструментальную сталь [2].

Материалы и методы исследования

Поверхность образцов готовили шлифовкой, доводили до блеска полировкой. Поверхность образцов насыщали азотом (N) и послойно нитридом титана и нитридом циркония (TiN+ZrN) – восемь слоев в условиях внедренческо – производственной фирмы ООО «Композиционные покрытия» г. Томска. Интересны в исследовании были многослойные покрытия (TiN+ZrN – 8 слоев), где «твердый слой – TiN» будет отвечать за твердость и высокую износостойкость, а «мягкий - ZrN» за релаксацию напряжений [2, 3].

Металлографические исследования проводили на металлографическом микроскопе ЛабоМет–И. Нанотвердость поверхности была измерена на наноинденторе MTS G200. Микротвердость по толщине образца измеряли на микротвердомере ПМТ-3М. Испытания на износ проводили на стандартной лабораторной установке.

Результаты исследования

Исследования проводили на инструментальной стали 65X13. Структура в исходном состоянии (состоянии поставки) представляет собой зернистый перлит с включениями карбидов. Средняя микротвердость составляла 220...240 Н/мм².

Микротвердость образцов, с нанесенными покрытиями измеряли на торцевой поверхности от поверхности к сердцевине образца, по несколько дорожек для одного покрытия. Графики зависимости

микротвердости по глубине образца приведены на рис. 1. Для напыляемых композиций видно, что насыщенный поверхностный слой обладает микротвердостью больше, чем сердцевина в 1,5 и более раз. Микротвердость напыленного слоя составляет от 320 Н/мм² для азотированных образцов и до 420 Н/мм² для образцов с многослойным покрытием, снижается на расстоянии 400...600 мкм к сердцевине до 200...220 Н/мм². Таким образом, микротвердость увеличилась от 1,5 (для N-покрытий) до 2-х раз (для (TiN+ZrN) – покрытия (восемь слоев)) в сравнении с микротвердостью исходной стали. Характер переходной зоны имеет плавный переход от упрочненного слоя к основному металлу. Толщина модифицированного слоя во всех случаях примерно одинаковая ~ 500мкм.

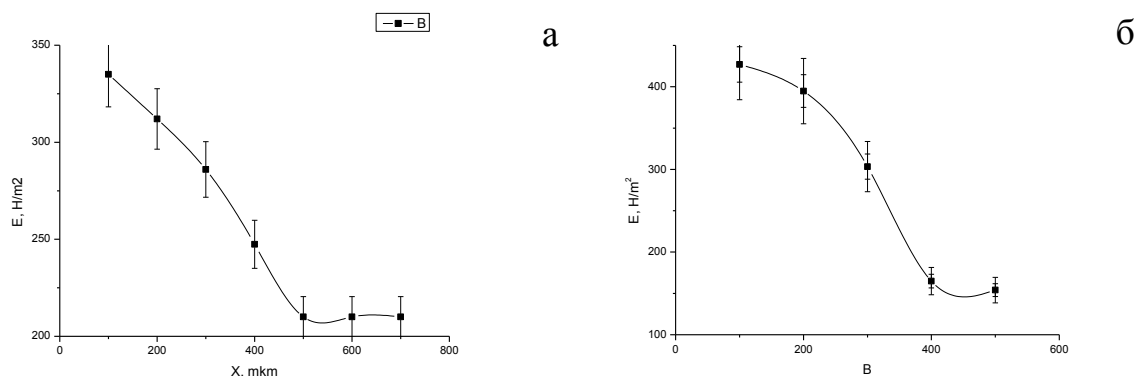


Рис.1. Зависимость микротвердости (E) по толщине образцов с покрытиями (x):

a — N; $б$ – TiN+ZrN

Измерения твердости тонкого поверхностного слоя при малых нагрузках для всех образцов проводили на наноиндентере MTS G200. Для каждого покрытия сделано несколько измерений, построены зависимости нанотвердости от силы проникновения индентора (рис. 2).

Технология определения нанотвердости также позволяет автоматически рассчитать модуль Юнга, который характеризует свойства материала сопротивлению упругой деформации. Полученные значения средней нанотвердости и значения модуля Юнга представлены в сводной табл. 1. Видно, что наибольшей нанотвердостью обладают образцы с многослойными покрытиями.

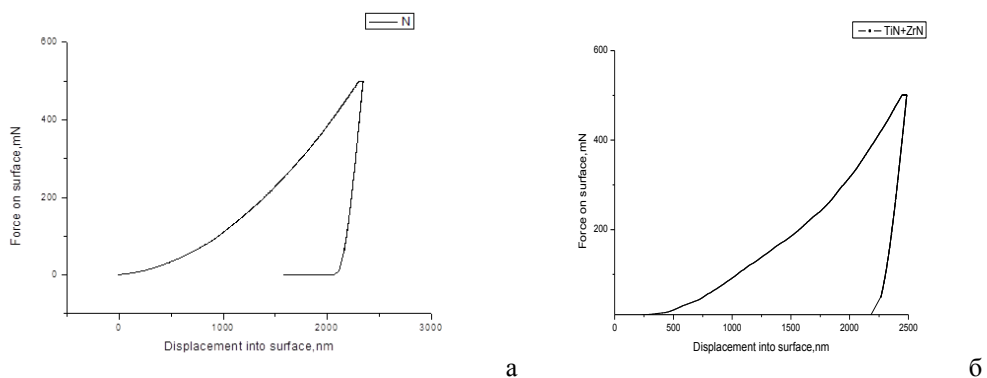


Рис. 2. Графики зависимости нанотвердости от силы проникновения индентора в образец:

a – N; $б$ – TiN+ZrN

Таблица 1.

Сводные результаты, полученные в ходе исследований

Материал	E_{cp} , Н/мм ²	H_{cp} , Н/мм ²	K_u	h_i
65X13	232024	4066	1.1	0,33
N	232111	4352	1.3	1,92
TiN+ZrN	235983	5935	4,2	0,03
<i>(E_{cp} – модуль Юнга; H_{cp} – средняя нанотвердость; K_u – относительный износ; h_i – относительное изменение массы в результате коррозии через $\Delta t_i=60$ мин)</i>				

Испытания на стойкость к коррозии проводили в 10%-растворе азотной кислоты в воде. Схема испытания: окунание и выдержка в атмосфере. Испытания азотистых покрытий на коррозионную стойкость проводили согласно ГОСТ 9.308-85. Полученные результаты отражены в сводной табл.1.

Нержавеющая сталь 65X13 из исследованных материалов показала средние коррозионные свойства между азотированными образцами и образцами со сложным покрытием. Исходная инструментальная сталь известна высокой коррозионной стойкостью в разных коррозионных средах, в том числе и в растворах азотной кислоты [3]. Лучший результат коррозионных испытаний показало многослойное покрытие TiN+ZrN, которое за общее время коррозионных испытаний практически не потеряло массу. Азотированные образцы показали коррозионную стойкость в водном растворе азотной кислоты несколько ниже исходной стали (табл.1).

Износостойкость на абразивное изнашивание материала в работе определяли при трении о нежестко закреплённые абразивные частицы. Дорожки износа азотированных образцов демонстрируют схожий характер с исходной сталью. Поверхность дорожек имеет «ручьеестое» строение, обладает металлическим блеском, что характерно хрупкому излому. Дорожки износа для TiN+ZrN-покрытий отличаются от выше описанных: обнаруживается характерное "чашечное" строение, матовый характер без металлического блеска, что присуще вязкому излому, это объясняется наличием в этих покрытиях пластичных составляющих.

Полученные результаты испытаний на износостойкость представлены в виде гистограмм на рис.3 и в табл. 1. Видно, что лучшие результаты на износостойкость показало сложное восьмислойное покрытие TiN+ZrN.

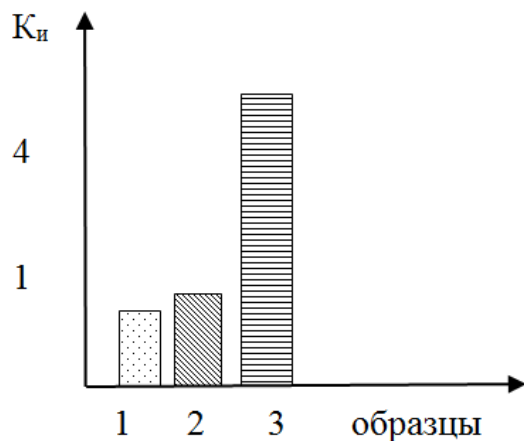


Рис. 3. Коэффициент износостойкости ($K_{и}$) исследуемых образцов: 1 – 65X13, 2 – азотированный; 3 – TiN+ZrN (8 слоев)

Заключение

Возможные пути повышения твердости, износостойкости и коррозионной стойкости инструментальных материалов за счет легирования имеют существенный недостаток в связи с дефицитом и дороговизной легирующих элементов и в значительной мере исчерпали свои возможности. В работе показано, что применение новых прогрессивных технологий ионно-плазменного нанесения покрытий может существенно повысить служебные характеристики инструментальных материалов и получить значительный экономический эффект.

В работе исследовали покрытия N и многослойное – TiN+ZrN(8 слоев), нанесенные на сталь 65X13 ионно-плазменным методом. Установлено, что азотирование и ионноплазменное многослойное покрытие позволяют повысить физико-механические характеристики инструментальной стали 65X13 в несколько раз. Лучшие значения эксплуатационных свойств показало сложное покрытие TiN+ZrN(8 слоев). Хуже проявили себя азотированные образцы.

Список литературы:

1. В.П. Табаков, А.В. Чихранов. Определение механических характеристик износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида титана // Изв. Самарского НЦ Росс.академии наук, т. 12, №4, 2010. – С.292-297.
2. А.В. Циркин Разработка многослойного покрытия для торцовых фрез //Вестник Ульяновского государственного технического университета (Вестник УлГТУ). - 2003. - № 3 - 4. - С. 33 - 35.
3. В.Ю. Васильев, Ю.А.Пустов. Коррозионная стойкость и защита от коррозии металлических, порошковых и композиционных материалов. Учебное пособие - Москва: МИСиС. - 2005.- 130 с.